

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

(11) N° de publication :
(à utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 637 683

(21) N° d' enregistrement national : 88 13272

(51) Int Cl^s : G 01 D 5/12; G 01 P 3/54, 3/481; G 01 B 7/00.

(12)

DEMANDE DE CERTIFICAT D'UTILITÉ

A3

(22) Date de dépôt : 10 octobre 1988.

(71) Demandeur(s) : ALSTHOM. — FR.

(30) Priorité :

(72) Inventeur(s) : Jean-François Maestre ; André Régis.

(43) Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPi « Brevets » n° 15 du 13 avril 1990.

(73) Titulaire(s) : GEC ALSTHOM SA. — FR.

(60) Références à d'autres documents nationaux appa-
rentés :

(74) Mandataire(s) : Michel Fournier, Sosp.

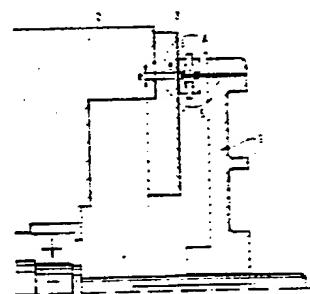
(54) Dispositif pour la mesure de la position angulaire et du déplacement linéaire de deux pièces l'une par rapport à l'autre.

(57) L'invention concerne un dispositif de mesure de la position angulaire d'un rotor par rapport à un stator.

Elle a pour objet un dispositif pour la mesure de l'angle de rotation d'un rotor par rapport à un stator caractérisé en ce qu'il comprend $2n$ capteurs magnétiques, n étant le nombre de plans électriques de capteur, disposés selon une circonférence de manière fixe par rapport au stator, chaque capteur comprenant un circuit magnétique 4, 5 muni d'une bobine émettrice 6 et d'une bobine réceptrice 7, ledit circuit magnétique présentant un entrefer, les capteurs étant groupés deux à deux, les capteurs d'un même groupe étant décalés angulairement d'un angle de $180^\circ/m$, deux groupes voisins étant angulairement espacés l'un de l'autre d'un angle égal à $k 360^\circ/m$, où k est un coefficient dépendant du nombre de phase du capteur, m et n étant des nombres entiers, les bobines émettrices étant toutes mises en série et alimentées par une tension alternative de fréquence comprise entre 2 et 15 kHz, le dispositif comprenant en outre un élément mobile 8, 9 solidaire dudit rotor 1 et

muni de m dents assujetties à défiler dans l'entrefer des capteurs, les bobines réceptrices d'un même groupe de capteurs étant connectées en série, l'enveloppe des signaux aux bornes de ces ensembles de bobines représentant, à un déphasage près, l'image de la mesure de l'angle de rotation dudit rotor.

Application aux moteurs électriques tournants et linéaires.



FR 2 637 683 - A3

La présente invention est relative à un dispositif de mesure de la position angulaire d'un rotor par rapport à un stator.

5 L'invention trouve une application très intéressante dans le domaine de la mesure de position angulaire en particulier dans les machines électriques. C'est cette dernière application qui sera donnée à titre d'exemple dans la suite, sans limiter la protection conférée par la présente demande de brevet. En effet l'invention 10 peut être appliquée à la mesure du déplacement linéaire d'une première pièce par rapport à une seconde pièce.

La connaissance de l'angle de rotation du rotor est nécessaire pour le pilotage d'une machine électrique en couple, vitesse et position.

15 Jusqu'à ce jour la mesure de cet angle est obtenue par plusieurs types de technique.

Un premier moyen de mesure de la position d'un axe est l'utilisation d'un capteur inductif de type résolver, qui fournit deux signaux respectivement proportionnels aux sinus et au cosinus de l'angle recherché.

20 De tels capteurs conviennent bien pour des moteurs à faible nombre de pôles, mais deviennent volumineux et onéreux pour des applications à grand nombre de pôles. Si l'on désire une bonne précision de la mesure (quelques minutes d'angle), il est nécessaire 25 d'utiliser un résolver multipolaire, donc coûteux.

Par ailleurs, en fonctionnement à vitesse lente, exigée dans certaines applications de robotique ou pour l'entraînement de certaines machines-outils, le traitement du signal du résolver n'assure pas une parfaite tranquillité de marche.

30 Un but de la présente invention est de réaliser un capteur de position permettant un très bon fonctionnement en basse vitesse, une mesure précise de la position et un prix de revient réduit.

D'autres techniques sont, à ce jour utilisées :
- un alternateur tachymétrique donnant un signal vitesse mais pas 35 de signal position,

- un capteur optique mesurant la position incrémentale et dont le signal dérivé ne conduit pas à une bonne maîtrise des très basses vitesses,

5 - les deux dernières techniques citées ont, de plus, l'inconvénient d'introduire des éléments thermiquement sensibles dans l'habillage du moteur, par exemple sondes de Hall, capteurs opto-électroniques, composants électroniques, etc...

10 Un but de l'invention est de réaliser un capteur fournissant des signaux transportables à distance sans nécessiter de disposer des circuits électroniques sur la machine elle-même.

15 L'invention a pour objet un dispositif pour la mesure de l'angle de rotation d'un rotor par rapport à un stator caractérisé en ce qu'il comprend $2n$ capteurs magnétiques, n étant le nombre de phases électriques du capteur, disposés selon une circonférence de manière fixe par rapport au stator, chaque capteur comprenant un circuit magnétique muni d'une bobine émettrice et d'une bobine réceptrice, ledit circuit magnétique présentant un entrefer, les capteurs étant groupés deux à deux, les capteurs d'un même groupe étant décalés angulairement d'un angle de $\frac{180^\circ}{m}$, deux groupes voisins étant angulairement espacés l'un de l'autre d'un angle égal à $k \frac{360^\circ}{m}$, où k , est un coefficient dépendant du nombre de phases du capteur, m et n étant des nombres entiers, les bobines émettrices étant toutes mises en série et alimentées par une tension alternative de fréquence comprise entre 2 et 15 kHz, le dispositif comprenant en outre un élément mobile solidaire dudit rotor et muni de m dents assujetties à défiler dans ledit entrefer, les bobines réceptrices d'un même groupe de capteurs étant connectées en série, l'enveloppe des signaux aux bornes de ces ensembles de bobines représentant à un facteur d'échelle près l'image de l'angle de rotation dudit rotor.

20 25 30 35 L'invention a également pour objet un dispositif pour la mesure de l'angle de rotation du rotor d'une machine électrique à n phases et p paires de pôles par rapport à un repère angulaire fixe du stator, caractérisé en ce qu'il comprend $2n$ capteurs magnétiques disposés selon une circonférence de manière fixe par rapport

au stator de la machine, chaque capteur comprenant un circuit magnétique muni d'une bobine émettrice et muni d'une bobine réceptrice, ledit circuit magnétique présentant un entrefer, les capteurs étant groupés deux à deux, les capteurs d'un même groupe étant espacé 5 angulairement d'un angle correspondant à 180 degrés électriques, deux groupes voisins étant angulairement espacés l'un de l'autre d'un angle correspondant à $k \times 360^\circ$ degrés électriques où k est un coefficient dépendant du nombre de phases du capteur et de la machine, les bobines émettrices étant toutes mises en série et 10 alimentées par une tension alternative de fréquence comprise entre 2 et 15 kHz, le dispositif comprenant en outre un élément calé sur le rotor muni de p dents assujetties à défiler dans l'entrefer des capteurs, les bobines réceptrices d'un même groupe de capteurs étant connectées en série, l'enveloppe des signaux aux bornes de 15 ces ensembles de bobines représentant, l'image de l'angle de rotation dudit rotor.

L'invention a également pour objet un dispositif pour la mesure du déplacement linéaire d'une première pièce par rapport à une seconde pièce, caractérisé en ce qu'il comprend $2n$ capteurs 20 magnétiques solidaires de la première pièce et alignés de manière équidistante dans la direction dudit déplacement, chaque capteur comprenant un circuit magnétique muni d'une bobine émettrice et d'une bobine réceptrice, ledit circuit magnétique présentant un entrefer, les capteurs étant groupés deux à deux, les capteurs 25 d'un même groupe étant espacés d'une longueur $\frac{L}{2m_kL}$, deux groupes voisins étant espacés d'une longueur égale à $\frac{L}{m}$ où k est un coefficient dépendant du nombre de phases du capteur, L étant une longueur arbitraire et m un nombre entier, les bobines émettrices étant toutes mises en série et alimentées par une tension alternative 30 de fréquence comprise entre 2 et 15 kHz, ledit dispositif comprenant en outre un élément solidaire de la seconde pièce et muni de m dents alignées assujetties à défiler dans l'entrefer des capteurs, les bobines réceptrices d'un même groupe étant connectées en série, l'enveloppe des signaux aux bornes de ces ensembles de bobines 35 représentant à un déphasage près, l'image de la mesure du déplacement

relatif des deux pièces.

L'invention est expliquée en détail par la description d'un mode particulier de réalisation en référence au dessin annexé dans lequel :

- 5 - la figure 1 est une vue schématique partielle en coupe axiale d'un moteur muni d'un capteur selon l'invention
- la figure 2 est une vue agrandie d'une partie "A" agrandie de la figure 1
- la figure 3 est une vue en perspective d'un capteur élémentaire équipant le dispositif de l'invention
- 10 - la figure 4 est une vue développée partielle de l'élément muni de dents coopérant avec les capteurs
- la figure 5 est un schéma montrant la disposition des bobines du capteur pour un moteur triphasé à 39 paires de pôles
- 15 - la figure 6 est un schéma explicitant le mode de connexion des bobines émettrices et réceptrices du capteur de l'invention.
- les figures 7A et 7B sont des schémas montrant la forme des signaux recueillis aux bornes des bobines ou groupes de bobines réceptrices.
- la figure 8 représente schématiquement un capteur selon une variante.

20 L'exemple décrit en détail ci-après concerne un dispositif de mesure de l'angle de rotation du rotor d'une machine électrique.

Bien entendu, l'invention s'applique à la mesure de la rotation de toute pièce tournante, la machine électrique n'étant qu'un cas particulier. La machine choisie est une machine synchrone triphasée à 39 paires de pôles. Bien entendu l'invention s'applique à toute machine à n phases et p paires de pôles.

La machine décrite à titre d'exemple est très partiellement représentée dans la figure 1 où l'on distingue l'arbre rotorique 1 et le stator 2 terminée par une plaque frontale 3. Sur cette plaque sont fixés un certains nombre de capteurs élémentaires comprenant chacun deux circuits magnétiques tels que 4 et 5, munis chacun d'un bobinage, ces bobinages étant référencés respectivement 6 et 7. Les deux circuits sont séparés par un entrefer e dans lequel peut tourner un élément solidaire du rotor réalisé selon une couronne 8 dentelée fixée à un plateau 9 solidaire de l'arbre 1.

Comme on le voit dans les figures 2 et 3, chaque circuit magnétique, réalisé de préférence en matériau ferro-magnétique à faible perte, à la forme d'un U ; les branches des U sont en vis-à-vis deux à deux et définissent un entrefer dans lequel passe la couronne dentée décrite plus loin. Chaque circuit magnétique porte une bobine : le circuit 4 comprend une bobine émettrice 6 et le circuit 5 comprend une bobine réceptrice 7.

La couronne 8 est représentée partiellement et en vue développée dans la figure 3. Elle est réalisée en matériau amagnétique conducteur.

Le nombre de dents (ou crans) 8A est égal au produit du nombre de paires de pôles, soit np . La longueur des dents est choisie pour permettre d'intercepter le flux magnétique passant d'un circuit magnétique à l'autre.

Le dispositif de l'invention possède $2n$ capteurs, si n est le nombre de phases.

Dans l'exemple décrit, le dispositif possède donc 6 capteurs à raison de deux par phase.

Pour la phase "un" les capteurs sont, dans la figure 5, représentés respectivement par les carrés 11, 12 et 11A, 12A.

Le carré 11 figure la bobine émettrice du premier capteur, le carré 12 la bobine réceptrice du même capteur ; le carré 11A représente la bobine du deuxième capteur de la phase "un" et le carré 12A la bobine réceptrice du même capteur.

Les deux capteurs d'une même phase sont décalés de 180 degrés électriques soit $\frac{360}{2p}$ degrés d'angle (dans l'exemple choisi, cela représente en unités d'angle 13 degrés, 50 minutes et 46 secondes).

Pour la phase "deux", on a de même deux capteurs ayant les bobines respectives 21, 22 et 21A, 22A, décalés de 180° degrés électriques l'un par rapport à l'autre.

Le décalage angulaire entre les capteurs respectifs des phases "un" et "deux" est de 120° degrés électriques. Pour éviter le chevauchement éventuel des capteurs des phases "un" et "deux" ceux-ci peuvent être décalés d'un angle complémentaire de 360° électrique soit $k \frac{360}{p}$ degrés d'angle, k étant un nombre entier arbitraire.

On choisit k pour que les capteurs de la phase "deux" ne

chevauchent pas ceux de la phase "un" et n'en soient pas trop éloignés.

En prenant $k = 20$, on obtient dans l'exemple choisi, un angle égal à : $20 \times \frac{360}{78} = 30$ degrés, 50 minutes, 10 secondes.

5 Les bobines 31, 32 et 31A, 32A de la phase "trois" sont de même espacés de 180° électriques l'une de l'autre et décalés de 120° électriques des bobines de la phase "deux".

10 Les bobines émettrices 11, 11A, 21, 21A 31, 31A sont connectées en série comme indiqué dans la figure 6, et alimentées par une source alternative de fréquence comprise entre 2 et 15 kHz, préférentiellement 10 kHz.

15 Les deux bobines réceptrices des capteurs d'une même phase sont connectées en série et on recueille des tensions de sorties U1, U2 et U3.

20 Le fonctionnement du dispositif est le suivant : chaque capteur se comporte comme un transformateur à rapport de transformation variable selon que l'entrefer entre les deux circuits magnétiques "voit" de l'air ou une dent de la couronne.

25 Pour une même phase, les signaux induits dans les deux bobines réceptrices associées sont en opposition de phase, de telle sorte que le signal aux bornes de l'ensemble constitué des deux bobines en série est débarrassé de toute composante continue ainsi que des harmoniques pairs.

30 La figure 7A montre la forme du signal aux bornes d'une bobine réceptrice d'un capteur ; la figure 7B montre la forme du signal, (U1, U2, U3) aux bornes du circuit formées des deux bobines réceptrices d'une phase, reliées en série. L'enveloppe du signal est représentatif de l'angle du rotor par rapport à une référence fixe.

35 Le dispositif fournit aussi trois signaux représentatifs de l'angle de rotation de la machine à 120° l'un de l'autre, à partir desquels un circuit de traitement classique élabore les ordres nécessaires au fonctionnement de la machine.

La figure 8 représente une variante de réalisation du capteur. Les éléments communs aux figures 2 et 8 on reçu les mêmes numéros de référence.

35 Les circuits magnétiques en U de la figure 2 sont maintenant

remplacés par un circuit magnétique 40 unique en C portant les bobines émettrice 6 et réceptrice 7.

Le dispositif de l'invention est de fonctionnement sûr à toutes les vitesses, par sa rusticité, il est de mise en oeuvre peu onéreuse ; il occupe un faible volume. Il ne nécessite aucune électronique sur la machine, puisque le signal peut être transporté sans amplification sur plusieurs dizaines de mètres.

La consommation est très faible, de l'ordre de quelques mW.

La résolution de l'appareil est très grande, de l'ordre de plusieurs centaines de milliers de points par tour.

Le dispositif de l'invention est peu sensible à certains paramètres tel que le faux rond mécanique, en raison du caractère amagnétique de la cloche.

Il est peu sensible à la température.

L'invention s'applique à toute taille de machine quels que soient la polarité et le nombre de phases. Elle s'applique également à la mesure de tout angle de rotation d'un rotor par rapport à un stator.

L'invention s'applique à la mesure du déplacement linéaire d'une première pièce par rapport à une seconde pièce.

On utilise $2n$ capteurs du type décrit plus haut, et solidaires de la première pièce. Ils sont disposés de manière que les entrefers des capteurs soient alignés groupés deux par deux ; deux capteurs d'un même groupe sont distants d'une longueur $\frac{L}{2m}$, où L est une longueur arbitraire et m un nombre entier.

Deux groupes voisins sont espacés d'une longueur $k \frac{L}{m}$, où k est un coefficient dépendant du nombre de phase du capteur.

Comme précédemment, les bobines émettrices sont mises en série et alimentées par une tension alternative comprise entre 2 et 15 kHz.

Un élément solidaire de la seconde pièce, comporte m dents alignées assujetties à se déplacer dans l'entrefer des capteurs.

Les bobines réceptrices sont connectées en série dans un même groupe.

L'enveloppe des signaux aux bornes des ensembles de bobines réceptrices représente à un déphasage près l'image de la mesure du déplacement relatif des deux pièces.

REVENDICATIONS

1/ Dispositif pour la mesure de l'angle de rotation d'un rotor par rapport à un stator caractérisé en ce qu'il comprend $2n$ capteurs magnétiques, n étant le nombre de phases électriques de capteur, disposés selon une circonférence de manière fixe par rapport au stator, chaque capteur comprenant un circuit magnétique (4, 5) muni d'une bobine émettrice (6) et d'une bobine réceptrice (7), ledit circuit magnétique présentant un entrefer, les capteurs étant groupés deux à deux, les capteurs d'un même groupe étant décalés angulairement d'un angle de $\frac{180^\circ}{m}$, deux groupes voisins étant angulairement espacés l'un de l'autre d'un angle égal à $k \frac{360^\circ}{m}$, où k est un coefficient dépendant du nombre de phase du capteur, m et n étant des nombres entiers, les bobines émettrices étant toutes mises en série et alimentées par une tension alternative de fréquence comprise entre 2 et 15 kHz, le dispositif comprenant en outre une élément mobile (8, 9) solidaire dudit rotor (1) et muni de m dents assujetties à défiler dans l'entrefer des capteurs, les bobines réceptrices d'un même groupe de capteurs étant connectées en série, l'enveloppe des signaux aux bornes de ces ensembles de bobines représentant, à un déphasage près, l'image de la mesure de l'angle de rotation dudit rotor.

2/ Dispositif pour la mesure de l'angle de rotation du rotor d'une machine électrique à n phases et p paires de pôles par rapport à un repère angulaire fixe du stator, caractérisé en ce qu'il comprend $2n$ capteurs magnétiques disposés selon une circonférence de manière fixe par rapport au stator de la machine, chaque capteur comprenant un circuit magnétique (4, 5) muni d'une bobine émettrice (6) et d'une bobine réceptrice (7), les capteurs étant groupés deux par deux, les capteurs d'un même groupe étant espacés angulairement d'un angle correspondant à 180 degrés électriques soit $\frac{360^\circ}{2p}$ degrés d'angle, deux groupes étant angulairement espacés l'un de l'autre d'un angle correspondant à $k \cdot 360^\circ$ degrés électriques, où k est un coefficient dépendant du nombre de phases du capteur et de la machine, les bobines émettrices (11, 11A, 21, 21A, 31, 31A) étant toutes mises en série et alimentées par une tension alternative

de fréquence comprise entre 2 et 15 kHz, le dispositif comprenant en outre un élément (8, 9) calé sur le rotor muni de p dents (8A) assujetties à défiler dans l'entrefer (e) des capteurs, les bobines réceptrices (12, 12A) d'un même groupe de capteurs étant connectées en série, les signaux aux bornes de ces ensembles de bobines représentant l'image de l'angle de rotation dudit rotor.

5 3/ Dispositif pour la mesure du déplacement linéaire d'une première pièce par rapport à une seconde pièce, caractérisé en ce qu'il comprend 2n capteurs magnétiques solidaires de la première pièce et alignés de manière équidistante dans la direction dudit déplacement, chaque capteur comprenant un circuit magnétique muni 10 d'une bobine émettrice et d'une bobine réceptrice, ledit circuit magnétique présentant un entrefer, les capteurs étant groupés deux à deux, les capteurs d'un même groupe étant espacés d'une longueur $\frac{L}{2m}$, deux groupes voisins étant espacés d'une longueur égale à $\frac{kL}{m}$ où k est un coefficient dépendant du nombre 15 de phases du capteur, L étant une longueur arbitraire et m un nombre entier, les bobines émettrices étant toutes mises en série et alimentées par une tension alternative de fréquence comprise entre 2 et 15 kHz, ledit dispositif comprenant en outre un élément solidaire de la seconde pièce et muni de m dents alignées assujetties à défiler 20 dans l'entrefer des capteurs, les bobines réceptrices d'un même groupe étant connectées en série, l'enveloppe des signaux aux bornes de ces ensembles de bobines représentant à un déphasage près, l'image 25 de la mesure du déplacement relatif des deux pièces.

4/ Dispositif selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le circuit magnétique est réalisé en deux parties identiques (4, 5) en forme de U, chacune d'elle portant l'une des bobines du capteur, les branches du U se faisant face pour définir l'entrefer.

30 5/ Dispositif selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le circuit magnétique (40) est en forme de C, l'entrefer étant délimité par les deux extrémités du circuit.

6/ Dispositif selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que le capteur étant triphasé, k est égal à 1/3.

35 7/ Dispositif selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé

- 10 -

en ce que le capteur étant biphasé, k est égal à 1/4.

8/ Dispositif selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que les dents de l'élément (8) sont en matériau conducteur amagnétique.

1/4

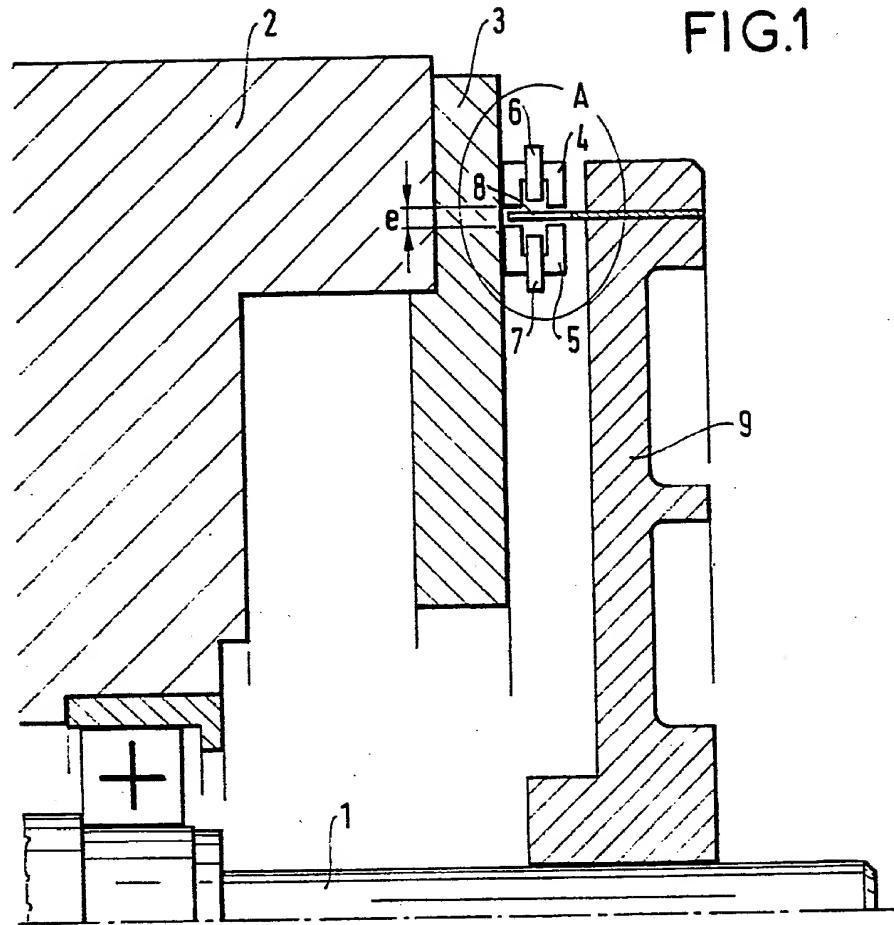


FIG.2

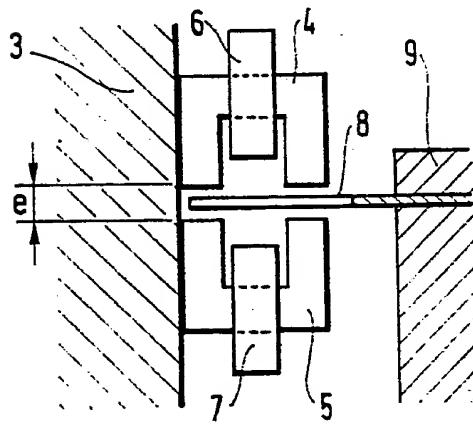
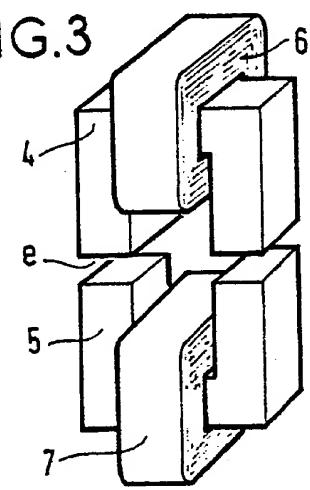


FIG.3



2/4

FIG.4

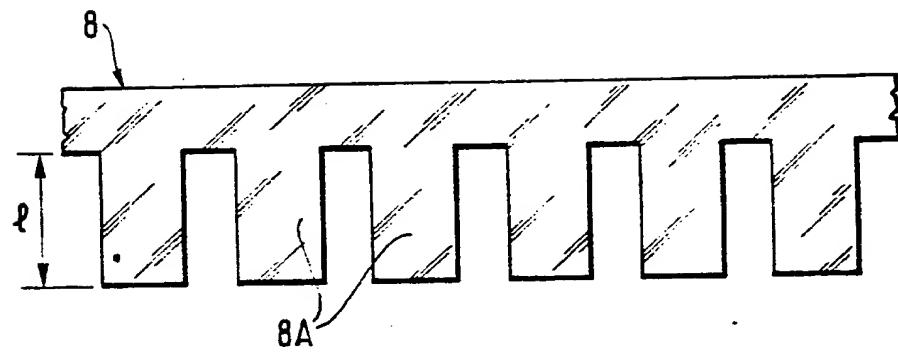
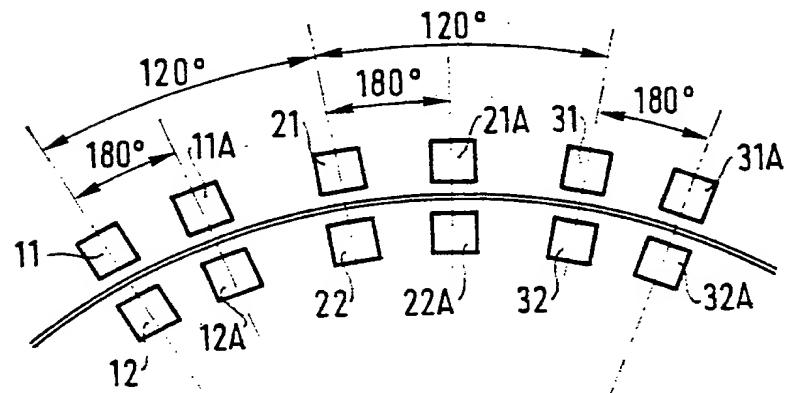


FIG.5



3/4

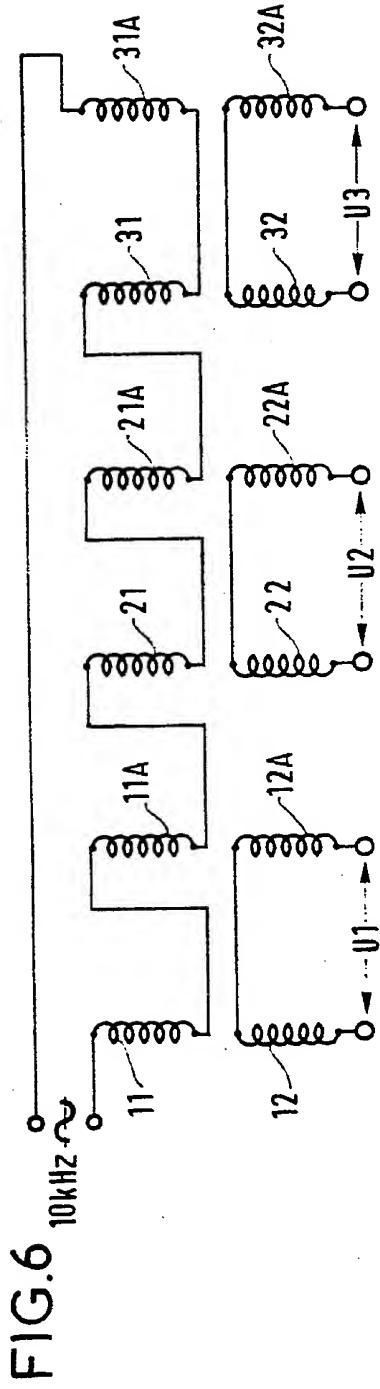


FIG.7B

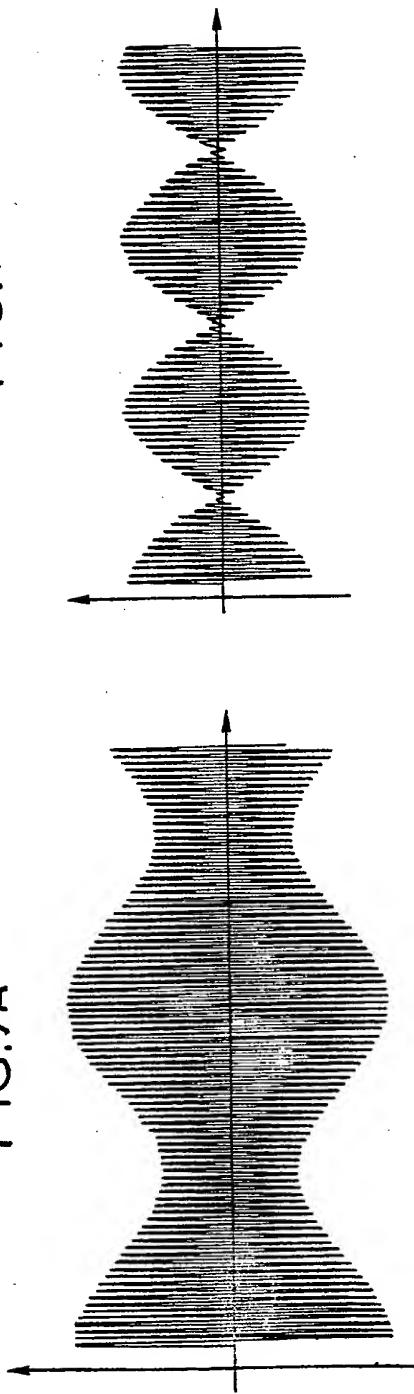
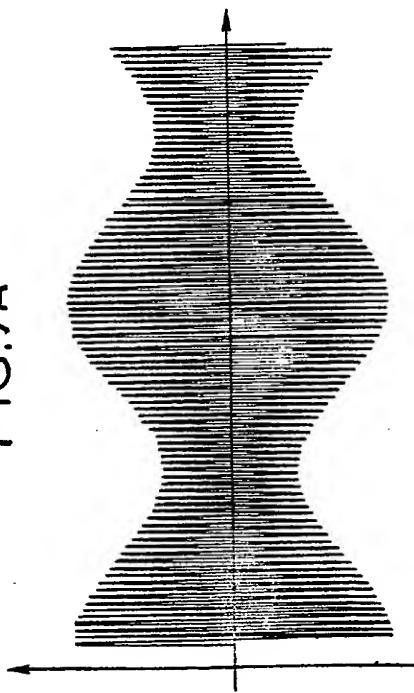
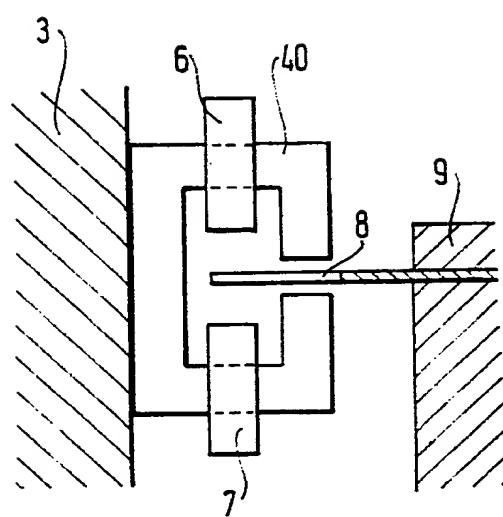


FIG.7A



4/4

FIG.8



THIS PAGE BLANK (USPTO)